

Les changements climatiques

> André GUNS et Dominique PERRIN
avec la collaboration de Christian TRICOT et Jean-Pascal VAN YPERSELE

Leurs effets devenant perceptibles pour une proportion croissante de l'humanité, les changements climatiques dus aux émissions massives de gaz à effet de serre (GES) deviennent au fil des ans une préoccupation centrale en matière d'environnement. Phénomène mondial, les changements climatiques auront des conséquences majeures sur les écosystèmes et la biodiversité, l'accès à l'eau, l'agriculture, l'urbanisme et les zones habitables, l'économie, et bien d'autres activités humaines. Ce phénomène concerne aussi la Région wallonne, qui s'est engagée à des réductions de ses émissions de GES dans le cadre du Protocole de Kyoto.

développement industriel et technologique a en particulier entraîné une augmentation de 36 % du CO₂ dans l'atmosphère. Sa concentration actuelle (379 ppmv⁽¹⁾ en 2006, soit 0,038 % en volume) n'avait encore jamais été atteinte au cours des 650 000 dernières années et probablement pas non plus au cours des 20 millions d'années précédentes (GIEC, 2007).

Changements climatiques observés

Les observations effectuées dans le monde entier mettent en évidence une augmentation de la température moyenne à la surface du globe. En 2007, le GIEC conclut que la vitesse moyenne du réchauffement au cours des cent dernières années (1906-2005) est de 0,74 °C, donc plus grande que la valeur de 0,6 °C pour la période 1901-2000 calculée au moment du troisième Rapport de 2001. En Europe, la température moyenne a augmenté de 0,95 °C au cours du 20e siècle.

LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

L'effet de serre

En moyenne, près de la moitié du rayonnement solaire reçu en haute atmosphère arrive effectivement au niveau du sol. Par la suite, ce rayonnement converti en chaleur est en majorité émis vers l'atmosphère sous forme de rayonnement infrarouge thermique. Cependant l'atmosphère retient une grande partie de ce rayonnement et émet à son tour ce même type de rayonnement vers le sol et vers l'espace. Ce phénomène constitue l'effet de serre [↘ Fig AIR 1-1].

Depuis longtemps, l'effet de serre existe de manière naturelle et contribue aux climats terrestres. Il est lié à la présence dans l'atmosphère de nuages, de particules solides, de vapeur d'eau et d'autres gaz (principalement le dioxyde de carbone, le méthane, le protoxyde d'azote et l'ozone). Les gaz qui absorbent le rayonnement infrarouge avant de le restituer vers la surface, sont appelés gaz à effet de serre (GES). Grâce à ces GES, la température moyenne sur la terre est

d'environ +15 °C au lieu de -17 °C en l'absence d'effet de serre gazeux. Les activités humaines provoquent des émissions supplémentaires de GES, responsables d'un effet de serre additionnel. Ce sont ces émissions anthropiques qui sont discutées dans le présent chapitre.

L'effet de serre naturel a été fortement amplifié depuis le début de l'ère industrielle (milieu du 19e siècle). L'usage croissant de combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel) lié au

Gaz à effet de serre, forçage radiatif et Potentiel de Réchauffement Global

Les **gaz à effet de serre (GES)** les plus importants sont la vapeur d'eau (H₂O), le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (N₂O). Les émissions de vapeur d'eau sont essentiellement naturelles et font partie intégrante du système climatique, elles ne sont donc pas concernées par le Protocole de Kyoto qui prend en compte le CO₂, le CH₄, le N₂O et trois types de gaz fluorés : les hydrofluorocarbones (HFC), les perfluorocarbones (PFC) et l'hexafluorure de soufre (SF₆). Il existe d'autres GES qui n'ont pas été retenus par le Protocole de Kyoto, notamment parce qu'ils étaient déjà sous le couvert d'autres protocoles (par exemple le Protocole de Montréal pour d'autres substances halogénées intervenant dans la destruction de la couche d'ozone)... [voir AIR 2].

Le **forçage radiatif** est une mesure de l'influence d'un facteur sur le bilan thermique du système sol-atmosphère (il est exprimé en W/m²). Il quantifie l'importance du facteur en question comme mécanisme potentiel des changements climatiques. Un forçage positif a tendance à réchauffer la surface de la planète ; c'est par exemple le cas lorsque la concentration d'un GES augmente (GIEC, 2001).

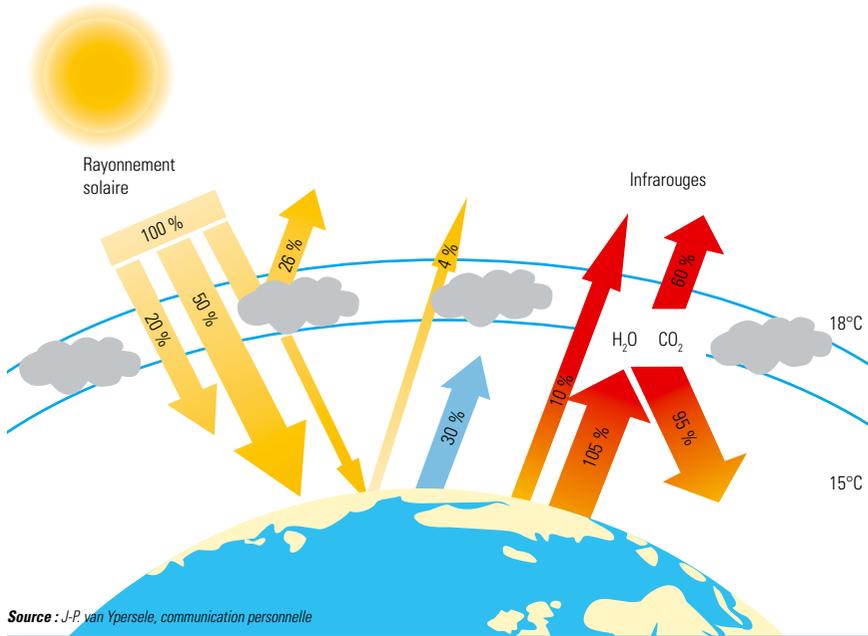
Le **Potentiel de Réchauffement Global (PRG)** est un indice servant à évaluer la contribution relative au réchauffement de la planète d'une émission dans l'atmosphère d'un kilogramme d'un gaz à effet de serre particulier, par comparaison avec l'émission d'un kilogramme de dioxyde de carbone, compte tenu de leurs durées de vie et de leurs pouvoirs radiatifs respectifs. Par exemple, pour un horizon de temps de 100 ans, le méthane a un PRG de 21, ce qui signifie qu'un kilogramme de méthane provoque le même effet de serre que 21 kg de CO₂. Des valeurs révisées, dont les ordres de grandeur sont comparables à celles données dans le tableau AIR 1-1, ont été approuvées par le GIEC. Les valeurs reprises ici sont celles qui seront d'application jusque 2012 dans le cadre de la mise en oeuvre du Protocole de Kyoto. Elles servent notamment à exprimer les émissions de GES en poids de CO₂-équivalent (éq CO₂) pour permettre de sommer les émissions des différents GES.

TAB AIR 1-1		Potentiel de Réchauffement Global des gaz à effet de serre
Gaz à effet de serre	Durée de vie dans l'atmosphère	Potentiel de Réchauffement Global (horizon de 100 ans)
CO ₂ (dioxyde de carbone)	100 – 150 ans	1
CH ₄ (méthane)	12 ans	21
N ₂ O (protoxyde d'azote)	114 ans	310
Gaz fluorés (HFC, PFC, SF ₆)	Quelques mois à 50 000 ans	500-23 900

Source : GIEC, 2001.

Les références complètes utilisées dans ce chapitre se retrouvent dans le dossier scientifique disponible sur internet.

FIG AIR 1-1 Représentation schématique de l'effet de serre



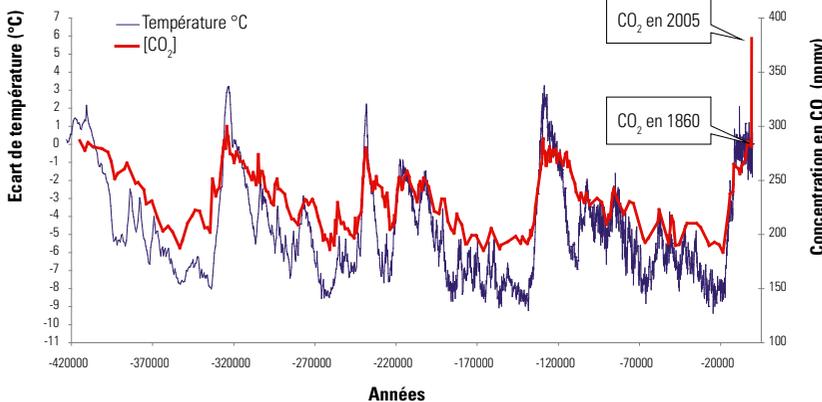
Source : J-P van Ypersele, communication personnelle

Le système climatique est alimenté en énergie par le rayonnement solaire visible (en jaune). Près de la moitié de l'énergie disponible au sommet de l'atmosphère est réfléchie ou absorbée par l'atmosphère (les chiffres indiquent les pourcentages respectifs). La surface de la terre, comme tout corps chauffé, réémet de la chaleur vers l'espace par rayonnement infrarouge invisible (en rouge). La surface est également refroidie par l'évaporation de l'eau et le contact avec l'atmosphère (en bleu). Les GES, comme la vapeur d'eau et le CO₂, ont la propriété de piéger la chaleur en laissant pénétrer facilement le rayonnement solaire, mais en étant peu transparents au rayonnement infrarouge. Si leur quantité augmente, le climat de la surface se réchauffe en moyenne.

Température et CO₂ durant les périodes glaciaires

Il est possible de reconstituer l'évolution des températures et de la concentration en CO₂ depuis 420 000 ans grâce à des forages dans les glaces de l'Antarctique. La concentration en CO₂ était de l'ordre de 190 ppmv durant les périodes glaciaires et de 280 ppmv pendant les périodes chaudes interglaciaires. Durant l'interglaciaire dans lequel nous nous trouvons, la concentration du CO₂ a augmenté de 280 ppmv avant l'ère industrielle à 379 ppmv actuellement. A la fin de la dernière période glaciaire, il y a 20 000 ans environ, la température moyenne planétaire était de 5°C inférieure à la température actuelle (écart 0 = température des années 1990-2000), le niveau de la mer était plus bas de 120 m et des glaciers de plusieurs milliers de mètres d'épaisseur couvraient le nord de l'Europe et de l'Amérique.

Teneur en CO₂ (en ppm) et température au cours des 420 000 dernières années reconstruites à partir de l'analyse des carottes de glace extraites à Vostok dans l'Antarctique



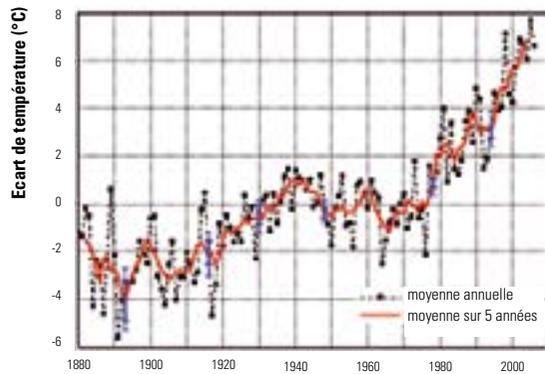
Source : Petit et al., 2000

La concentration de CO₂ dans l'atmosphère a varié durant les 420 000 dernières années, avec une amplitude de l'ordre de 90 ppmv. Le rythme des variations du climat (essentiellement liées au changement de la forme de l'orbite terrestre et de la position de la terre sur celle-ci) était de quelques degrés en 5 000 à 10 000 ans.

En 2005, la concentration de CO₂ est de 379 ppmv. Cette augmentation spectaculaire entre le début de la révolution industrielle et l'époque actuelle (soit en moins de 200 ans) est de même amplitude que les différences de concentration observées entre les périodes glaciaires et les périodes interglaciaires au cours des 420 000 dernières années (soit en 100 000 ans environ). Les modèles de simulation actuels projettent à l'horizon 2100 des concentrations de 540 à 970 ppmv en l'absence d'un scénario de politique de protection du climat (GIEC, 2007). Le rythme et l'ampleur de cette perturbation sont donc sans commune mesure avec les évolutions naturelles mesurées dans les glaces par le passé.

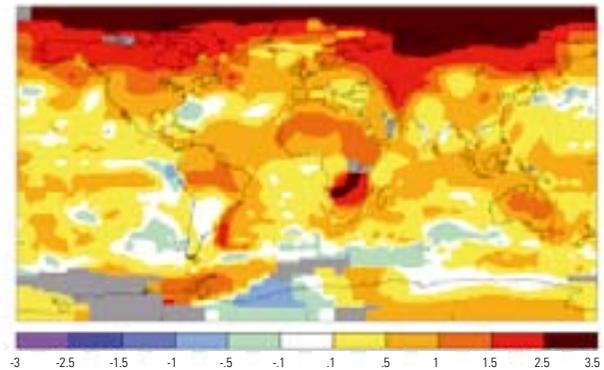
L'inertie du système climatique (réchauffement progressif des océans, fonte lente des glaciers...) et sa complexité (rétroactions⁽²⁾ positives et négatives, qui accélèrent ou ralentissent l'évolution des températures) font qu'un nouvel équilibre entre concentration de CO₂ et température ne sera pas atteint avant plusieurs siècles, même dans l'hypothèse d'une réduction des émissions (GIEC, 2007).

FIG AIR 1-2 (a) Ecarts de la température moyenne mondiale à la surface de la Terre par rapport à la valeur moyenne calculée sur la période 1951-1980



Source : Source : NASA⁽⁶⁾

FIG AIR 1-2 (b) Ecarts observés en 2005 par rapport aux valeurs moyennes calculées sur la période 1951-1980



Ecart de température (°C)

Par ailleurs, selon les dernières mesures de la NASA, les 5 années les plus chaudes jamais observées, depuis que les températures sont mesurées, sont par ordre décroissant : 2005, 1998⁽³⁾, 2002, 2003, 2006 [↘ FIG AIR 1-2^(a)]⁽⁴⁾. L'évolution des températures est très variable

d'un point de vue géographique. Par rapport à la période 1951-1980, on observe en 2005 des variations allant d'un réchauffement de plus de 3°C dans certaines zones arctiques à un refroidissement de -1°C dans quelques zones de l'hémisphère sud. [↘ FIG AIR 1-2^(b)]

Des précipitations significativement accrues ont été observées à l'est de l'Amérique du Nord et de l'Amérique du Sud, au nord de l'Europe, en Asie du nord et en Asie centrale. Un assèchement a été observé dans le Sahel, en Méditerranée, au sud de l'Afrique et dans certaines parties du sud de l'Asie. Les précipitations sont hautement variables dans l'espace et le temps et les données sont limitées dans certaines régions. Des tendances robustes à long terme n'ont pas été observées dans les autres grandes régions.

Le GIEC

Le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'évolution du Climat (GIEC ou IPCC en anglais) a été créé en 1988 par l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE). Ce groupe qui associe plusieurs milliers de scientifiques a pour mandat d'évaluer, sans parti pris et de façon méthodique, claire et objective, les meilleures informations d'ordre scientifique, technique et socioéconomique dont on peut disposer à l'échelle du globe. Il publie des rapports d'évaluation, qui fournissent des informations scientifiques, techniques et socioéconomiques sur les changements climatiques, leurs causes, leurs incidences et les mesures qui pourraient être prises pour y faire face; des rapports spéciaux centrés sur une problématique (aviation, séquestration du CO₂...) et des rapports méthodologiques, qui décrivent les méthodologies d'inventaire des émissions nationales de gaz à effet de serre, utilisées par les Parties (pays signataires) à la CCNUCC (Convention Cadre de Nations Unies sur le Changement Climatique). Le quatrième rapport d'évaluation, composé de 3 volumes, sera publié au cours de l'année 2007.

De nombreuses conséquences du réchauffement décrit ci-avant sont d'ores et déjà observables aux échelles mondiale ou continentale. Elles sont détaillées dans les rapports du GIEC⁽⁶⁾. Ces phénomènes étant difficiles à observer et à mesurer, le GIEC précise le degré de probabilité associé à ces changements (il est de 90 à 99 % pour ceux présentés ci-dessous) :

- observations de changements largement répandus des températures extrêmes pendant les cinquante dernières années. Les jours froids, les nuits froides et le gel sont devenus moins fréquents, tandis que les jours chauds et les nuits chaudes sont devenus plus fréquents ;
- recul des glaciers de montagne durant le 20e siècle [↘ FIG AIR 1-3]. Dans les Alpes, la perte représente 5 à 10 % de la masse totale de glace ;
- réduction de l'étendue de la couverture neigeuse au printemps dans l'hémisphère Nord : depuis 1987, l'étendue est inférieure de 10 % par rapport à la moyenne de 1966-1986 ;
- augmentation du niveau moyen des mers de 17 cm observé durant le 20e siècle.

Parmi les changements observés, on peut aussi mentionner le dégel du pergélisol, le gel tardif et la dislocation précoce de la glace sur les rivières et les lacs, l'allongement de la période de végétation aux latitudes moyennes à élevées, la progression en altitude ou le déplacement vers les pôles des aires de distribution géographique d'un certain nombre d'espèces végétales et animales, la régression de certaines populations végétales et animales et la précocité de la floraison des arbres, de l'apparition des insectes et de la ponte des oiseaux et l'acidification des océans (0,1 unité de pH au cours du 20e siècle) [voir EAU 3].

Il apparaît de plus en plus clairement que certains systèmes sociaux et économiques ont subi les effets de l'accroissement récent de la fréquence des inondations et des sécheresses dans certaines zones [↘ FIG AIR 1-4]. Cependant, ces systèmes sont également sensibles à l'évolution de facteurs socioéconomiques

FIG AIR 1-3 Glacier de l'Alaska Bay National Park (1941 ; 2001)



Photo du glacier de l'Alaska Bay National Park montrant les changements du Riggs Glacier dans le Muir Inlet et la croissance de la végétation depuis 1941, quand le glacier avait 660 m d'épaisseur.

Source : U.S. Geological Survey, Bruce Molnia ⁽⁷⁾.

FIG AIR 1-4 Assèchement de l'Amazone en octobre 2005



Le fleuve Amazone est réduit à un filet d'eau. Son lit exposé au soleil renforce les conditions de sécheresse.

Source : Copyright Greenpeace / Alberto Cesar Aroujo. Revente interdite ⁽⁸⁾.

tels que les déplacements de populations ou les changements d'affectation des sols, et l'influence respective des facteurs climatiques et des facteurs socioéconomiques est généralement difficile à quantifier.

Ce qui est projeté pour le 21^e siècle

Selon le GIEC (2007), «le réchauffement d'origine anthropique sera très probablement d'au moins 0,2 °C par décennie d'ici 2030». Le réchauffement planétaire observé au cours des dernières décennies présente déjà une telle tendance.

En l'absence de politique mondiale de protection du climat, la température moyenne globale à la surface devrait augmenter d'une valeur comprise entre 1,8 (scénario bas, fourchette de 1,1 à 2,9 °C) à 4 °C (scénario haut, fourchette de 2,4 à 6,4 °C), entre 1980-1999 et 2090-2099. Cette fourchette des réchauffements calculée par les modèles climatiques s'explique à la fois par la sensibilité différente des modèles à une

augmentation des GES et par les différents scénarios d'émissions de GES retenus dans les calculs. Pour simuler le comportement humain dans le futur, les experts ont établi une gamme de 35 scénarios socio-économiques contrastés, allant d'un monde axé sur une croissance économique rapide avec une forte intensité d'utilisation des combustibles fossiles, à un monde où l'accent est mis sur le développement durable. Ces scénarios conduisent à une fourchette de concentrations de CO₂ de 540 à 970 ppm à l'horizon 2100, par rapport à 379 ppm en 2005.

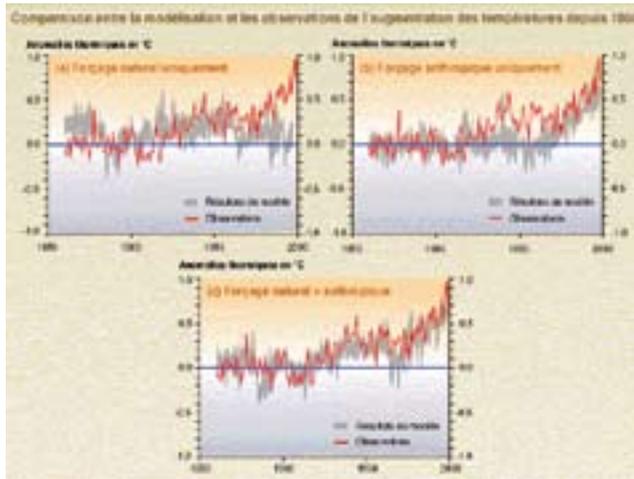
Des changements climatiques mineurs peuvent avoir des effets bénéfiques pour certaines régions et certains secteurs, mais il est probable que ces effets diminuent avec l'augmentation des changements climatiques. Par contre, il est probable que l'ampleur et la gravité d'un grand nombre d'effets néfastes observés augmentent avec l'importance des changements climatiques. En ce qui concerne les projections à l'échelle régionale, les effets néfastes devraient prédominer pour une grande partie du monde.

Selon des projections effectuées à l'aide de modèles ou déduites d'autres études, les répercussions les plus fâcheuses du changement climatique seront les suivantes (GIEC, 2001, 2007) :

- il est très probable (90-99 %) que les chaleurs extrêmes, les vagues de chaleur, et les événements de fortes précipitations continueront à devenir plus fréquents ;
- en se fondant sur un ensemble de modèles, il est probable que les cyclones tropicaux futurs (ainsi que les typhons et ouragans) deviendront plus intenses, avec des vents maximum plus forts et des précipitations plus fortes ;
- une réduction générale des rendements potentiels des cultures dans la plupart des régions tropicales et subtropicales pour la plupart des élévations projetées de la température ;
- une réduction générale, à quelques écarts près, des rendements potentiels des cultures dans la plupart des régions des latitudes moyennes pour une augmentation de la température moyenne annuelle de plus de quelques degrés Celsius ;
- une diminution des disponibilités en eau pour les populations de nombreuses régions, particulièrement dans les zones subtropicales ;
- une augmentation du nombre de personnes exposées à des maladies à transmission vectorielle (p.ex. le paludisme) ou à des maladies hydriques (p.ex. le choléra) et de la mortalité due aux agressions thermiques ;
- une augmentation généralisée du risque d'inondation de nombreux établissements humains touchant des dizaines de millions de personnes due à la fois à l'augmentation des épisodes de fortes précipitations et à l'élévation du niveau de la mer ;
- une augmentation de la demande d'énergie à des fins de climatisation en raison de la hausse des températures estivales, qui compensera le gain énergétique dû aux températures plus douces en hiver.

Fig AIR 1-5

Comparaison des températures observées avec les simulations établies par un modèle soumis à trois types de forçages : a) forçage naturel uniquement, b) forçage d'origine humaine (anthropique) uniquement, c) forçage naturel et d'origine humaine (anthropique)



Source : GIEC, 2001

Une vérité dérangeante ?

Les médias et les autorités politiques évoquent fréquemment les incertitudes scientifiques par rapport aux changements climatiques. Cet argument est parfois utilisé pour justifier le fait de ne pas s'engager dans des mesures de réduction des émissions de GES.

Or les conclusions des rapports d'évaluation du GIEC qui rassemble des milliers de scientifiques issus du monde entier et donc non liés à des intérêts particuliers, expriment un consensus sur l'origine humaine des changements actuellement observés. L'actuelle administration américaine avait demandé à l'Académie nationale des Sciences américaine une lecture critique de ces rapports. Cette académie a confirmé point par point la validité scientifique des conclusions du GIEC⁽⁹⁾.

En 2005, une étude⁽¹⁰⁾ a aussi examiné les 928 articles les plus récents relatifs aux changements climatiques publiés dans des revues scientifiques soumises à révision par les pairs. Aucun de ces articles ne remettait en question la position de consensus exprimée par le GIEC, c'est-à-dire la réalité des changements climatiques d'origine humaine. Par contre, l'existence de tentatives de censure ou de déformation des informations par certaines personnes liées à des intérêts particuliers a déjà été mise en évidence par les médias⁽¹²⁾.

«Quelques sceptiques invétérés cherchent encore à semer le doute. Ils doivent être pris pour ce qu'ils sont : décalés, à court d'arguments et dépassés. En fait, le consensus scientifique ne devient pas seulement plus complet, mais aussi plus alarmant. Un grand nombre de chercheurs, connus pour leur circonspection, déclarent désormais que les tendances au réchauffement se rapprochent dangereusement d'un point de non-retour.» Koffi Annan, Secrétaire Général de Nations-Unies, novembre 2006⁽¹²⁾.

LA CAUSE : LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

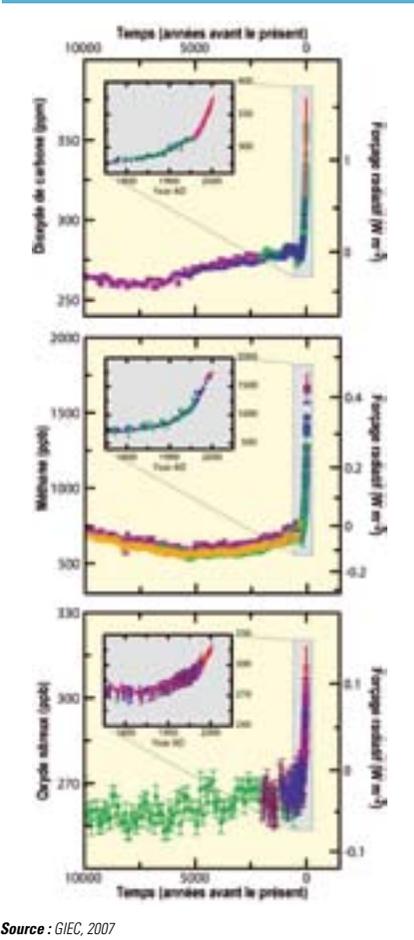
La responsabilité humaine

Selon le dernier rapport du GIEC (2007), l'essentiel de l'accroissement observé de la température moyenne globale depuis le milieu du 20e siècle est très probablement (90 à 99 % de probabilité) dû à l'augmentation observée des gaz à effet de serre anthropiques.

Les modèles climatiques actuels tiennent compte des principaux forçages connus qui peuvent influencer le climat : le forçage d'origine humaine, aussi appelé anthropique, lié aux émissions de gaz à effet de serre, mais aussi les forçages naturels, liés à la variation du rayonnement solaire et de l'activité volcanique. Le soleil possède un cycle d'activité de 11 ans. Le GIEC estime que les changements du rayonnement solaire depuis 1750 ont provoqué un forçage radiatif de +0,12 W/m², soit moins de la moitié des estimations du rapport de 2001, chiffre à comparer au forçage de 2,3 W/m² provoqué par l'accroissement du CO₂, du CH₄ et du N₂O. Le rayonnement solaire varie aussi à long terme, en fonction de certaines modifications de l'orbite et de l'inclinaison de la terre. Ces phénomènes cycliques, qui ont des périodes allant de 13 000 à 80 000 ans et se répercutent plus ou moins vite sur le climat terrestre, ont engendré le cycle des glaciations et des réchauffements naturels sur les dernières centaines de milliers d'années.

La figure AIR 1-5 compare les observations réelles de température aux résultats de différents modèles climatiques, qui simulent soit le forçage naturel (variations solaires et volcanisme), soit le forçage anthropique (d'origine humaine : émissions de gaz à effet de serre et déboisement), soit la combinaison des deux forçages [↪ Fig AIR 1-5]. Le forçage naturel diminue depuis 1950 et ne permet pas d'expliquer la tendance au réchauffement observée au cours de ces trente dernières années. La correspondance la plus étroite avec les observations est obtenue en incluant à la fois les facteurs d'origine humaine et les facteurs naturels.

FIG AIR 1-6 Évolution de l'an 1000 à l'an 2000 de la concentration atmosphérique planétaire des trois principaux GES dont les concentrations sont perturbées par les activités humaines (CO₂, CH₄, N₂O).



Source : GIEC, 2007

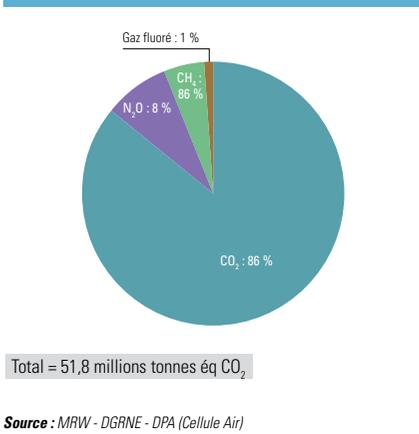
Emissions mondiales de gaz à effet de serre

Au cours des 20 dernières années, environ les trois quarts des émissions anthropiques de CO₂ dans l'atmosphère au niveau mondial sont dus à la combustion des combustibles fossiles tels que charbon, pétrole et gaz naturel. Le reste est imputable, pour l'essentiel, aux modifications de l'utilisation des sols, et plus particulièrement à la déforestation, qui conduit à la libération brusque et massive de CO₂ issu du carbone stocké dans les écosystèmes.

En 2005, les émissions annuelles mondiales de gaz à effet de serre d'origine humaine

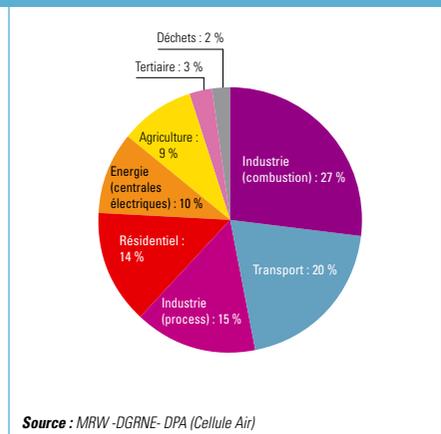
s'élevaient à 23,3 milliards de tonnes éq CO₂. Ces émissions augmentent d'année en année, dans les pays industrialisés et dans les pays émergents. Pour l'ensemble des pays industrialisés, qui remettent annuellement un inventaire dans le cadre de la CNUCCC, les émissions ont diminué de 3,3 % de 1990 à 2004. Ceci est essentiellement dû à la prise en compte dans ce calcul des pays appartenant anciennement au bloc de l'est, où le déclin industriel a amené une diminution de 37 % des émissions entre 1990 et 2004. Dans les autres pays industrialisés, les émissions ont augmenté en moyenne de 11 % sur la même période et en Belgique de 1,4 %.

FIG AIR 1-7 Répartition des émissions de GES par type de gaz en Région wallonne (poids en éq CO₂, année 2004)



Source : MRW - DGRNE - DPA (Cellule Air)

FIG AIR 1-8 Répartition des émissions de GES par secteur d'activité en Région wallonne (année 2004)



Source : MRW - DGRNE - DPA (Cellule Air)

Emissions de gaz à effet de serre : quelques ordres de grandeur

Émissions mondiales (2005) hors déforestation : 33,7 milliards de tonnes éq CO₂/an
 Émissions de la Belgique (2004) : 148 millions de tonnes éq CO₂/an
 Émissions de la Région wallonne (2004) : 51,8 millions de tonnes éq CO₂/an

Émissions moyennes d'une maison en Région wallonne : 5,2 tonnes éq CO₂/an
 Émissions moyennes d'une voiture en Région wallonne : 3,7 tonnes éq CO₂/an

Emissions par habitant en 2000

Pays industrialisés : 14,1 tonnes éq CO₂/an.hab
 Pays non-industrialisés (sans les émissions liées à la déforestation) : 3,3 tonnes éq CO₂/an.hab
 Etats-Unis : 24,5 tonnes éq CO₂/an.hab
 Région wallonne : 15,9 tonnes éq CO₂/an.hab
 Belgique : 14,5 tonnes éq CO₂/an.hab
 Allemagne : 12,3 tonnes éq CO₂/an.hab
 Royaume-Uni : 11,1 tonnes éq CO₂/an.hab
 Union Européenne (25) : 10,5 tonnes éq CO₂/an.hab
 Brésil (sans les émissions liées à la déforestation) : 5 tonnes éq CO₂/an.hab
 Brésil (avec les émissions liées à la déforestation) : 13 tonnes éq CO₂/an.hab
 Inde : 1,9 tonnes éq CO₂/an.hab

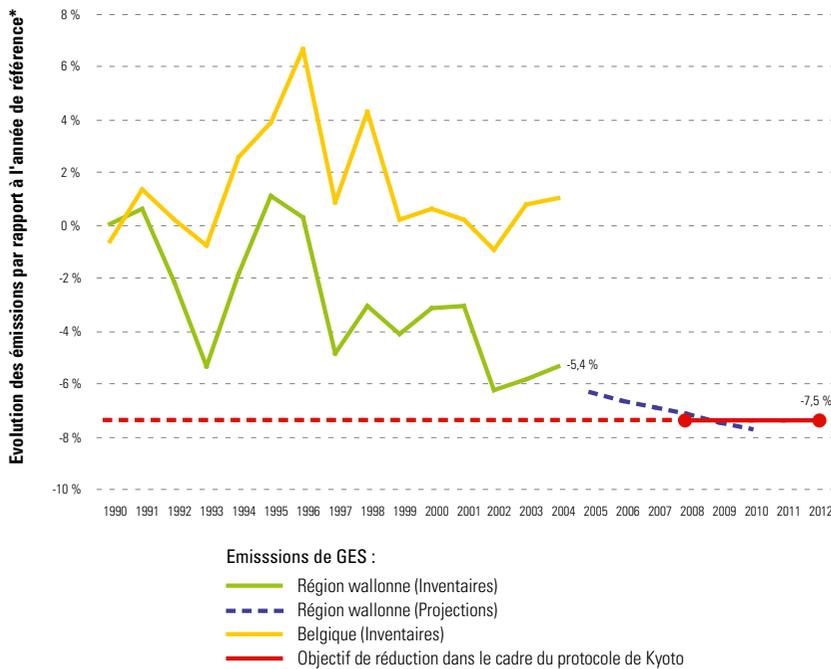
Suite à ces émissions, auxquelles s'ajoute la contribution grandissante des pays émergents, tels que la Chine, l'Inde où le Brésil, la concentration en CO₂ de l'atmosphère augmente actuellement d'environ 2 ppm/an. [↘ FIG AIR 1-6]

Emissions de gaz à effet de serre en Région wallonne

Répartition des émissions

En 2004, la Wallonie a émis 51,8 millions de tonnes éq CO₂, soit 35 % des émissions annuelles de la Belgique. Les figures ci-après présentent la répartition des émissions totales de GES par type de gaz et entre les principaux secteurs [↘ FIG AIR 1-7, FIG AIR 1-8].

FIG AIR 1-9 Evolution des émissions de gaz à effet de serre en Belgique et Région wallonne par rapport l'objectif de réduction de Kyoto



*Année de référence au sens du Protocole de Kyoto : 1990 pour CO₂, CH₄ et N₂O ; 1995 pour les gaz fluorés.

Sources : MRW - DGRNE- DPA (Cellule Air), novembre 2006 ; Rapport national d'Inventaire (avril 2006)

Le CO₂, qui représente 86 % des émissions totales de gaz à effet de serre, est principalement émis lors des processus de combustion, et il est plus particulièrement lié à l'industrie, aux transports, au chauffage résidentiel, aux industries de production d'électricité et au tertiaire. Le CH₄, qui représente 5 % des émissions totales, provient à 80 % de l'agriculture, à 8 % du secteur des déchets et à 5 % des réseaux de distribution de gaz naturel (compresseurs et fuites), le reste provenant de l'ensemble des processus de combustion. Le N₂O représente 8 % des émissions totales et est principalement émis par l'agriculture (62 %), l'industrie chimique (23 %) et les transports (8 %). Enfin, les gaz fluorés représentent 0,9 % des émissions totales et sont émis lors de la fabrication et l'utilisation de certains produits (réfrigération, mousses isolantes...).

Évolution des émissions totales de GES

Sur la base des dernières estimations disponibles, les émissions anthropiques de GES en Wallonie en 2004 étaient de 5,4 % inférieures à celles de 1990. Cette évolution est en phase

avec l'objectif de réduction de la Région dans le cadre du Protocole de Kyoto (diminution de 7,5 % durant la période 2008-2012 par rapport aux émissions de l'année de référence).

[↗ Fig AIR 1-9]

Les inventaires d'émission

Dans le cadre du Protocole de Kyoto, 6 gaz à effet de serre sont pris en compte (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC et SF₆). Le GIEC a défini des méthodologies d'inventaire uniformisées pour tous les pays qui ont ratifié la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCUNCC) et le Protocole de Kyoto, afin d'assurer la comparabilité des résultats. Les émissions de GES sont globalement calculées en multipliant une variable d'activité (consommation des différents combustibles, volume de production...) par un facteur d'émission. Les facteurs d'émission proviennent soit de méthodologies standardisées et approuvées internationalement, soit d'études ciblées ou de mesures aux cheminées qui sont réalisées afin de disposer de facteurs reflétant mieux les conditions locales. Pour certains secteurs comme les transports, l'agriculture, la foresterie ou les déchets, des modèles spécifiques sont utilisés pour estimer les émissions.

Dans le cadre du Protocole de Kyoto, l'inventaire « définitif » des émissions depuis 1990 devra être remis en 2007. Il sera utilisé pour effectuer la comparaison avec les émissions de la période 2008-2012 et mesurer ainsi la conformité par rapport aux engagements. L'inventaire belge, qui est constitué de la somme des inventaires des 3 régions, est contrôlé chaque année par un groupe international d'experts indépendants dans le contexte de la CCUNCC. Ces experts vérifient notamment la validité des méthodologies, des facteurs d'émissions et le caractère complet de l'inventaire.

La forte variabilité interannuelle des émissions est généralement due à la conjonction de plusieurs facteurs. On peut cependant mentionner quelques événements dont l'impact sur les émissions annuelles s'est avéré significatif :

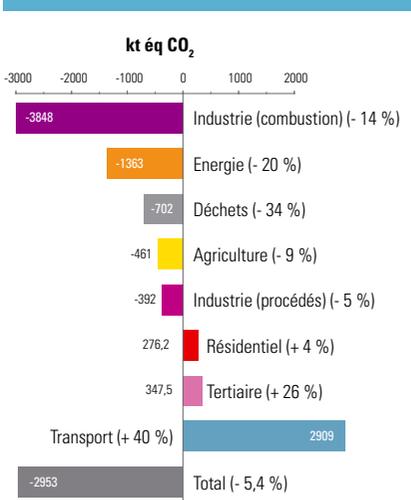
- 1992-1993 : arrêt d'une centrale électrique et diminution de la production dans les industries chimiques et sidérurgiques;
- 1995 : augmentation de la production industrielle;
- 1996 : année froide (besoins en chauffage élevés), mais augmentation limitée des émissions suite à la fermeture d'un haut-fourneau;
- 1997 : fermetures d'une cokerie, de haut-fourneaux et d'autres outils sidérurgiques ;
- à partir de 2001 : développement de la combustion de biomasse en cimenterie et de la récupération du méthane dans les CET;
- 2002 : arrêt d'un haut-fourneau et d'une cokerie.

Les projections les plus récentes des émissions wallonnes à l'horizon 2008-2012, utilisées pour le rapportage international, ont été réalisées sur la base du modèle EPM⁽¹³⁾ (Energy/Emissions Projection Model).

Selon ces projections de l'évolution future des émissions de gaz à effet de serre, les mesures programmées devraient permettre à la Région wallonne d'atteindre son objectif de réduction sans devoir acheter plus d'unités d'émission provenant des mécanismes flexibles que ceux qui ont déjà été acquis.

L'évolution globale est cependant le résultat de tendances très différentes selon les secteurs [↘ Fig AIR 1-10]. Les secteurs de l'industrie et de la production d'électricité sont à l'origine d'une réduction des émissions totales de près de 11 %, mais la croissance des émissions liées au transport a par contre provoqué une augmentation des émissions globales de près de 6 %.

FIG AIR 1-10 Evolution des émissions de GES par secteur d'activité en Région wallonne (kt éq CO₂ entre 1990 et 2004)



Source : MRW -DGRNE- DPA (Cellule Air)

SECTEUR «ÉNERGIE»

Emissions 2004 : 5 168 kt éq CO₂
 Evolution 1990-2004 : - 20 %
 Contribution aux émissions totales en 2004 : 10 %

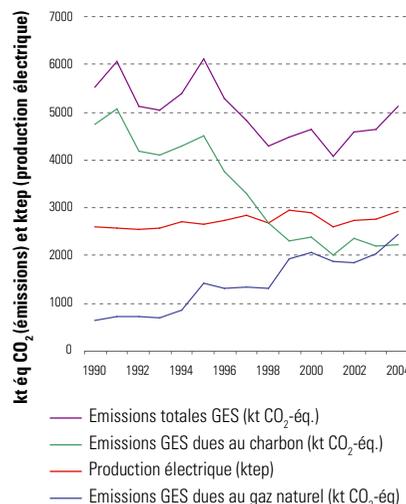
La principale source d'émissions du secteur énergie est la production d'électricité et de chaleur dans les centrales électriques : elle représente 95 % des émissions de GES en 2004. Les émissions liées aux activités des cokeries, qui représentaient encore 18 % des émissions

du secteur énergétique en 1990, ont chuté de 80 % en raison de la fermeture définitive de 4 sites en 1993, 1997 et 2002.

La production d'électricité (centrales thermiques hors nucléaire) a augmenté de 5 % sur la période 1990-2004, mais les émissions ont diminué en raison du remplacement progressif du charbon par le gaz naturel, ainsi que des améliorations technologiques, comme le développement des Turbines Gaz-Vapeur qui présentent un rendement nettement supérieur [↘ Fig AIR 1-11]. Une partie de la production électrique wallonne étant exportée, il n'y a pas de lien absolu entre production et consommation finale. La libéralisation progressive du marché va probablement accentuer cette tendance [voir ENER 3].

Enfin, il est à noter que l'électricité produite est consommée dans les autres secteurs, en particulier l'industrie, les transports ferroviaires, le résidentiel et le tertiaire. Ces secteurs sont donc indirectement responsables d'une partie des émissions regroupées ici dans le secteur des industries de l'énergie.

FIG AIR 1-11 Émissions de GES en Région wallonne issues du secteur de la production publique d'électricité et de chaleur, par rapport à la production électrique nette (hors nucléaire)



Sources : MRW -DGRNE- DPA (Cellule Air) ; Cellule Etat de l'environnement

SECTEUR «INDUSTRIE»

Emissions 2004 : 21 782 kt éq CO₂, dont 13 867 kt éq CO₂ pour le sous-secteur «combustion» et 7 915 kt éq CO₂ pour le sous-secteur «procédés industriels»
 Evolution 1990-2004 : - 14 %
 Contribution aux émissions totales en 2004 : 42 %

Une distinction est opérée dans les inventaires entre les émissions liées à la combustion et celles des «procédés industriels», qui désignent la part des émissions industrielles qui ne proviennent pas de l'utilisation de combustibles fossiles, mais de la libération de gaz à effet de serre contenus dans la matière première.

Emissions de combustion

La première cause de la diminution des émissions de combustion est la fermeture de plusieurs sites sidérurgiques depuis 1990. Les émissions de l'industrie métallurgique (51 % des émissions de l'industrie) ont ainsi diminué de 31 %.

A consommation énergétique égale, les émissions de gaz à effet de serre diminuent et plus particulièrement depuis 2001. Cela s'explique notamment par :

- le recours plus fréquent au gaz naturel, associé à une réduction de l'utilisation des combustibles liquides et solides, observés dans tous les secteurs ;
- l'utilisation accrue par les cimenteries de combustibles de substitution (30 % des émissions totales de l'industrie), tels que les déchets de scierie imprégnés, les déchets animaux, les pneus... Ces combustibles représentent actuellement 34 % de leur consommation d'énergie, contre 7 % en 1990. Les émissions liées à la combustion de la fraction «biomasse» de ces combustibles ne sont pas comptabilisées dans les émissions nettes⁽¹⁴⁾ du secteur.

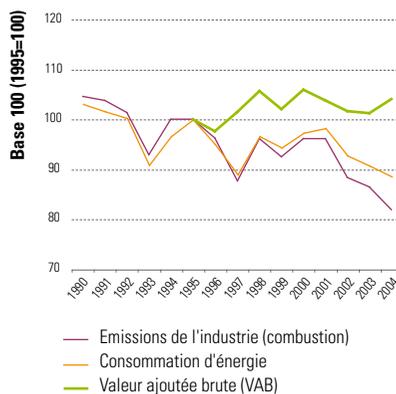
Alors que la valeur ajoutée a augmenté de 4 % entre 1995 et 2004, la consommation primaire d'énergie⁽¹⁵⁾ a diminué de plus de 11 % durant la même période [↘ Fig AIR 1-12]. Ce découplage de la valeur ajoutée et de la consommation d'énergie est imputable à différents facteurs :

- Dans l'industrie métallurgique, de nombreux sites fonctionnent avec des fours électriques depuis 1990. Ceci explique une baisse apparente de la consommation d'énergie à valeur ajoutée égale. Cette industrie représente 46 % de la consommation d'énergie du secteur, et a donc un impact significatif sur la tendance globale. Dans l'ensemble, la consommation d'électricité du secteur industriel a augmenté de 29 % depuis 1990 ;
- Dans le secteur de la chimie, le découplage s'explique par une utilisation plus rationnelle de l'énergie et par la production de produits à forte valeur ajoutée, comme les produits pharmaceutiques ;
- Le secteur de l'alimentation et des boissons est celui qui présente la plus forte croissance de valeur ajoutée par rapport à la consommation d'énergie. Cela s'explique par le développement de nouveaux produits à forte valeur ajoutée comme dans les industries sucrières, par exemple, avec l'inuline et le fructose qui ont été développés récemment ;
- Les usines de production de ciment et de chaux représentent 30 % de la consommation énergétique du secteur manufacturier. Depuis 1990, la production totale de ciment et de chaux a augmenté de 4 %, tandis que la consommation énergétique diminuait de 7 %. Cette évolution est liée au mode de production : la voie sèche, qui demande considérablement moins d'énergie et remplace graduellement la voie humide. Elle est actuellement utilisée pour 73 % de la production, contre 61 % en 1990.

Procédés industriels

En 2004, les émissions de gaz à effet de serre dues aux procédés industriels provenaient essentiellement de la transformation de produits minéraux (67 % de la décarbonatation⁽¹⁶⁾ des minéraux pour la production de ciment et de chaux) et de l'industrie chimique (20 % de

Fig AIR 1-12 Evolution de l'indice de consommation d'énergie, de la valeur ajoutée brute et des émissions de GES liées à la combustion dans le secteur industriel wallon



Sources : MRW - DGRNE - DPA (Cellule Air) ; Cellule Etat de l'environnement

la production d'acide nitrique et d'ammoniac, produisant du N₂O et du CO₂). La sidérurgie représente 12 % des émissions (décarburation de la fonte dans les aciéries et décarbonatation d'additifs à l'agglomération).

Les émissions liées aux procédés industriels ont diminué de 5 % depuis 1990, essentiellement en raison d'une baisse de la production sidérurgique. A l'exception de l'industrie chimique, où des améliorations de procédés sont envisageables, les autres émissions de procédés sont directement liées à la quantité produite et ne présentent donc plus de potentiel de réduction.

SECTEUR «RESIDENTIEL»

Emissions 2004 : 7 135 kt éq CO₂

Evolution 1990-2004 : + 4 %

Contribution aux émissions totales en 2004 : 14 %

Le chauffage des bâtiments représente trois quarts de la consommation de combustibles fossiles du secteur résidentiel. Alors que la consommation d'énergie du secteur a augmenté de 10 % entre 1990 et 2004, les émissions n'ont augmenté que de 4 % durant la même période, en raison de l'utilisation croissante du gaz naturel et de la biomasse, dont les consommations respectives ont augmenté de 30 et 35 %. Le gaz naturel émet proportionnellement moins de CO₂ que le mazout et, surtout,

Gaz fluorés

Emissions 2004 : 454 kt éq CO₂
Evolution 1990-2004 : + 262 %
Contribution aux émissions totales en 2004 : 0,9 %

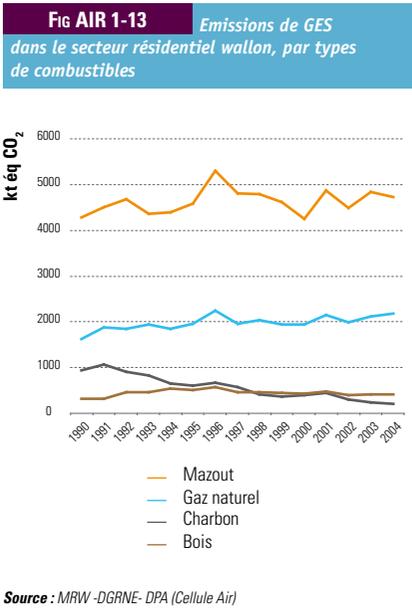
Les émissions des 3 types de gaz fluorés qui sont réglementés par le Protocole de Kyoto (HFC, PFC, SF₆) représentent 0,9 % des émissions totales de GES en 2004 en Région wallonne. Les HFC représentent 97 % des émissions de gaz fluorés et le SF₆ seulement 3 %. Les émissions de PFC sont négligeables.

Dans les inventaires, une distinction est opérée entre les «émissions de production», qui résultent du processus de production, et les «émissions de consommation», qui correspondent aux émissions observées lors de l'utilisation ou du démantèlement des équipements et des produits existants. Selon une estimation de la répartition sectorielle des émissions, la première source de HFC est le tertiaire (57 %), suivie du résidentiel et du transport (15 % chacun) et les 13 % restant étant attribués à l'industrie.

La consommation croissante de HFC est directement liée à la mise en œuvre du protocole de Montréal et du Règlement européen 2037/2000, qui interdit l'utilisation de substances destructrices d'ozone, telles que les CFC, les HCFC et les halons [voir AIR 2]. Ces derniers, utilisés précédemment, sont aujourd'hui en partie remplacés par les HFC dans les installations de réfrigération et de conditionnement d'air, la production de mousses isolantes, certains aérosols et dispositifs d'extinction. Le remplacement des CFC se fait aussi via d'autres gaz non fluorés, tels que l'ammoniac pour la réfrigération ou le pentane et le CO₂ pour les mousses isolantes.

Par ailleurs, on constate une réduction des émissions de SF₆ générées par la production de double vitrage acoustique, pour laquelle on utilise aujourd'hui des technologies alternatives (vitrages d'épaisseurs différentes ou insertion d'un feuilletage). Les émissions de SF₆ liées à la consommation devraient toutefois augmenter dans les années à venir, suite au démantèlement des doubles vitrages acoustiques installés depuis 1975.

que le charbon. Les émissions liées au charbon ont chuté de 79 % de 1990 à 2004, mais les émissions liées au mazout ont augmenté de 10 %. Le mazout représente 59 % de l'énergie consommée dans le secteur résidentiel. Le réseau de distribution du gaz ne couvrant pas les zones rurales à faible densité de population [voir ENER], le passage vers le gaz naturel dans le secteur résidentiel est plus modéré que dans les autres secteurs [voir FIG AIR 1-13]. Enfin, il est à noter que la consommation d'électricité du secteur a augmenté de 41 % depuis 1990. Cette augmentation se répercute dans le secteur de la production d'énergie.



Les variations annuelles sont également liées au climat. C'est particulièrement clair pour l'année 1996, année froide assortie d'une hausse marquée des consommations et donc des émissions dues au chauffage.

Malgré l'augmentation des émissions, un large potentiel de réduction reste disponible pour ce secteur. En effet, outre les mesures de rénovation et de respect des normes d'isolation qui pourraient avoir un impact important (68 % des logements wallons sont potentiellement concernés par les primes à la rénovation), un quart à un tiers de la consommation énergétique des ménages dépendrait des comportements (habitudes de chauffage et d'éclairage, caractéristiques de l'équipement électroménager...)⁽¹⁷⁾. [voir MEN]

SECTEUR TERTIAIRE

Emissions 2004 : 1 695 kt eq CO₂
 Evolution 1990-2004 : + 26 %
 Contribution aux émissions totales en 2004 : 3 %

Dans le secteur tertiaire, les émissions de GES ont augmenté de 26 % entre 1990 et 2004. L'une des principales raisons est la croissance de ce secteur. Pour preuve, le nombre d'employés a augmenté de 21 % en Belgique depuis 1990.

Il est à noter que la consommation d'électricité de ce secteur a augmenté de 45 % entre 1990 et 2004, soit deux fois plus vite que l'emploi, mais que ces émissions sont comptabilisées dans les émissions du secteur énergie [voir ENTR]. Cette hausse s'explique essentiellement par le développement des technologies de l'information, la multiplication des zones réfrigérées et le recours accru aux systèmes de conditionnement d'air.

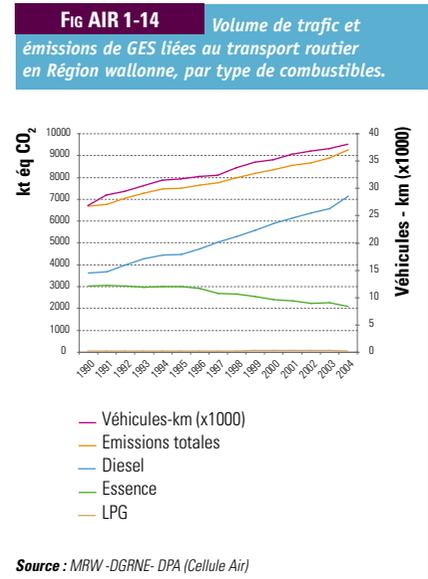
Malgré sa faible importance relative (3 % des émissions totales), ce secteur a un impact non négligeable sur la tendance globale, puisqu'il a induit une hausse des émissions totales de 0,7 % entre 1990 et 2004.

SECTEUR TRANSPORT

Emissions 2004 : 10 153 kt eq CO₂
 Evolution 1990-2004 : + 40 %
 Contribution aux émissions totales en 2004 : 20 %

Les émissions liées au transport ont augmenté de 40 % depuis 1990. Elles représentaient 13 % des émissions totales de GES de la Région wallonne en 1990 et 20 % en 2004. Cette évolution est due au transport routier, qui représente 91 % des émissions totales de ce secteur, les 9 % restants se partageant entre le transport ferroviaire, le transport fluvial et l'aviation de plaisance⁽¹⁸⁾. L'influence prédominante du secteur routier sur l'augmentation des émissions de GES s'observe aussi à l'échelle européenne (+21 % de 1990 à 2001), mais de façon plus limitée qu'en Région wallonne.

Le transport routier est devenu la deuxième source d'émission de GES en Région wallonne et constitue le premier facteur d'augmentation des émissions. En valeur absolue, la hausse des émissions de CO₂ occasionnées par le transport routier entre 1990 et 2004 est la plus élevée de toutes les sources d'émissions (+ 2 593 kt eq CO₂). [voir FIG AIR 1-14]



Dans le secteur du transport routier, la plupart des indicateurs sont à la hausse en Région wallonne : le nombre de voitures a augmenté de 31 % entre 1990 et 2004, parallèlement au trafic (véhicule/km), qui a augmenté de 39 % durant cette même période. Le nombre de camionnettes a augmenté de 84 %, tandis que le nombre de camions est resté stable. En 2004, les camionnettes et les camions représentaient respectivement 5 % et 30 % des émissions du transport routier.

Les voitures diesel connaissent une popularité croissante et particulièrement marquée ces dernières années. Leur nombre a plus que doublé entre 1990 et 2004 (+139 %), tandis que celui des moteurs à essence baissait légèrement (-3 %) au cours de la même période. Cette évolution se reflète dans les émissions respectives liées à ces deux carburants. Le diesel émet 7% de CO₂ de plus que l'essence pour produire une même quantité d'énergie, mais comme la consommation spécifique moyenne des moteurs diesel est de l'ordre de 12 % inférieure, une voiture équipée d'un moteur diesel

émet globalement moins de GES par kilomètre qu'une voiture à essence. Le nombre de voitures roulant au LPG a quadruplé depuis 1990 mais ne représente que 1,9 % du parc automobile en 2004, contre 0,6 % en 1990.

La cylindrée moyenne des moteurs a augmenté depuis 1995. Elle reflète d'une part le passage au diesel et, de l'autre, le succès croissant des monovolumes, des voitures de loisirs et des véhicules tout terrain. L'âge et le poids moyen des véhicules ont également augmenté. L'amélioration du rendement énergétique des véhicules ne permet pas de compenser les effets de ces différents facteurs sur la consommation globale d'énergie des transports routiers.

Les émissions de N_2O liées au transport ont plus que doublé entre 1990 et 2004. Ce phénomène résulte en partie de l'introduction des pots catalytiques (dont l'usage sur tous les véhicules à essence est obligatoire en Belgique depuis 1993), mais aussi du vieillissement de la première génération de ces dispositifs, qui accroît leurs émissions de N_2O . À noter enfin que, même si les incertitudes sont élevées pour les émissions de N_2O , elles ne représentent qu'environ 3 % des émissions totales de GES liées au transport routier. [voir TRANS]

SECTEUR AGRICULTURE

Emissions 2004 : 4 637 kt éq CO_2

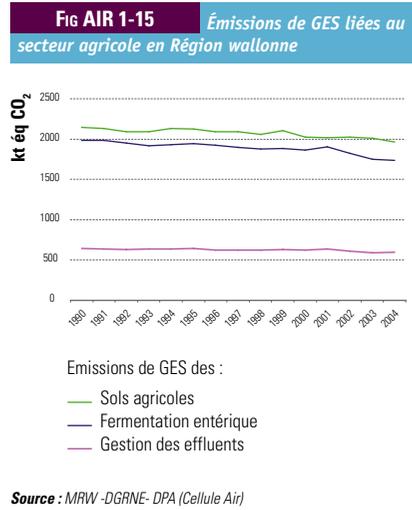
Evolution 1990-2004 : -9 %

Contribution aux émissions totales en 2004 : 9 %

Les émissions de GES attribuées au secteur agricole dans le cadre des inventaires ne proviennent pas de phénomènes de combustion, mais de processus biologiques produisant du CH_4 , du N_2O ou du CO_2 . Les émissions de combustion minimales (281 kt CO_2 en 2004) de ce secteur sont intégrées dans le secteur énergie.

40 % de ces émissions sont des émissions de CH_4 issues de la fermentation entérique, imputables majoritairement aux bovins. Elles ont diminué de 12 % depuis 1990, en raison principalement d'une réduction générale du cheptel, mais aussi de la proportion croissante de vaches allaitantes par rapport aux vaches laitières observée dans les élevages européens. Ces dernières émettent moins de méthane que

les vaches laitières, pour lesquelles une forte productivité est recherchée. [voir Fig AIR 1-15]



En 2004, 14 % des émissions du secteur sont des émissions de CH_4 et de N_2O liées à la gestion des effluents, en particulier les pertes lors du stockage. Elles proviennent essentiellement des bovins (84 %), et dans une moindre mesure des porcins (11 %) et des volailles (5 %). L'évolution des émissions reflète la diminution du cheptel bovin. [voir AGR]

Près de la moitié (46 %) des émissions agricoles provient des émissions de N_2O à partir du sol. Celles-ci ont diminué de 9 % entre 1990 et 2004 en raison, d'une part, des plus petites quantités d'engrais minéraux épandus et, d'autre part, de la diminution du cheptel, qui amène une réduction des quantités d'azote excrétées directement lors du pâturage et du volume d'effluents à épandre après stockage.

SECTEUR FORESTIER

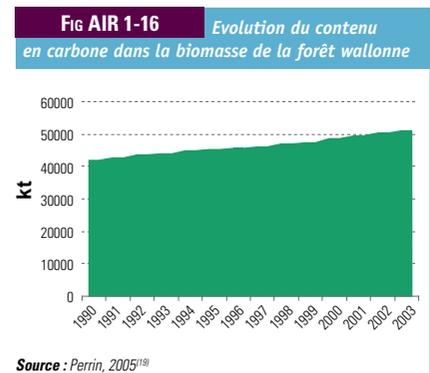
La Figure AIR 1-16 indique l'évolution des stocks de carbone contenus dans les arbres (biomasse sur pied). L'absorption annuelle nette de CO_2 correspond à la différence entre l'accroissement biologique des peuplements forestiers (la croissance des arbres) et le carbone exporté par les prélèvements (les récoltes, sans considérer le stockage à long terme dans les produits du bois, tel que les meubles, les matériaux de construction...). En 2003, cela représentait 4,5 % des émissions totales

de CO_2 . Cependant, en raison des règles de comptabilité du protocole de Kyoto, la réduction qui pourrait être prise en considération durant la période d'engagement 2008-2012 est nettement plus faible (0,2 %).

Cette augmentation des stocks de carbone dans la biomasse est représentative de la forte productivité actuelle des forêts wallonnes. Cette croissance du matériel sur pied s'explique par la conjonction de plusieurs facteurs dont la tendance à le capitaliser. [voir RES FOR1]

A moyen terme, cette augmentation devrait néanmoins se ralentir sous l'effet des bonnes pratiques sylvicoles. En particulier, les pessières font l'objet de mesures qui visent à rajeunir les très vieux peuplements, à substituer les épicéas présents sur des stations peu favorables (sols hydromorphes ou en basses altitudes notamment) par des essences plus adaptées et à la réduction progressive des densités de peuplements ; l'objectif étant d'atteindre les 32 m^2/ha en forêt soumise. Des mesures viennent également d'être prises en forêt soumise afin de récolter les chênes et les hêtres plus tôt (sous le seuil de 240 cm de circonférence pour le chêne et 220 cm pour le hêtre), et de favoriser la régénération naturelle. Les effets de ces mesures conduiront à une diminution du stock de carbone, qui se produira progressivement dans les prochaines années.

En 2012, le modèle prédit un stock de carbone de 55,7 MtC, soit 116 tC/ha. Ainsi, au terme de la première période d'engagement du Protocole de Kyoto, le stock de C dans la biomasse serait en augmentation de 18,3 % par rapport au stock de 2000⁽¹⁸⁾.



SECTEUR DES DÉCHETS

Emissions 2004 : 815 kt éq CO₂

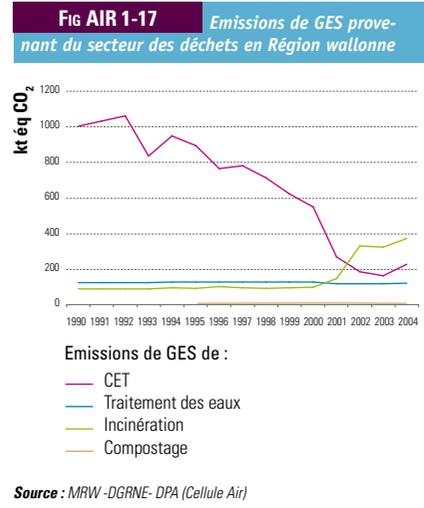
Evolution 1990-2004 : -34 %

Contribution aux émissions totales en 2004 : 2 %

Les émissions de gaz à effet de serre provenant de la gestion des déchets représentaient 2 % des émissions régionales en 2004, contre 2,3 % en 1990. Cette baisse est due à la réduction des émissions de CH₄ en provenance des centres d'enfouissement technique (CET), anciennement appelés décharges, qui représentent actuellement 31 % de l'ensemble des émissions du secteur. Dans les CET, la récupération du biogaz - qui selon sa richesse en méthane est soit éliminé en torchère soit valorisé dans des moteurs à gaz - s'est largement développée depuis 1990 et constitue le principal facteur explicatif de la tendance observée dans le secteur. La quantité de matière organique fermentescible mise en décharge, à l'origine du biogaz, diminue suite au développement du

tri des déchets et à la mise en œuvre progressive de l'Arrêté du Gouvernement wallon du 18 mars 2004 qui interdira la mise en CET de toute matière organique à partir de 2010. Les émissions nettes du secteur des déchets ont ainsi baissé de 34 %.

Les 69 % restants d'émissions de GES se répartissent entre trois sources différentes : le CO₂ provenant de l'incinération des déchets, les émissions de CH₄ et de N₂O lors du traitement des eaux usées [voir EAU 1] et le CH₄ produit lors du compostage. Les émissions liées à l'incinération suivent l'évolution du tonnage incinéré, qui a augmenté de 71 % entre 2001 et 2004. [↪ Fig AIR 1-17]



Source : MRW - DGRNE - DPA (Cellule Air)

CONSÉQUENCES EN RÉGION WALLONNE

A quel climat s'attendre en Région wallonne au 21e siècle ?

Sur la base des rapports du GIEC sur les changements climatiques publiés en 2001 et de l'étude réalisée par Marbaix et van Ypersele⁽²⁰⁾ en 2004, les changements climatiques les plus probables attendus en Région wallonne durant le 21e siècle sont les suivants :

- une augmentation importante des températures d'ici à 2050, tant en été qu'en hiver. Vers 2100, la hausse des températures moyennes par rapport à la fin du 20e siècle serait comprise entre 1 et 5 °C en hiver et entre 1,5 et 7 °C en été ;
- une hausse de 3 à 30 % des précipitations hivernales d'ici la fin du 21e siècle (rares sont les prévisions inférieures à 10 %) et une évolution des précipitations estivales comprise entre un statu quo et une baisse pouvant atteindre environ 50 % ;
- une disparition progressive des hivers froids et de la couverture neigeuse associée.

A l'échelle de la Belgique, il est également prévu une augmentation du niveau des océans de 14 à 93 cm. On notera que même sous l'hypothèse d'une réduction drastique des émissions de gaz à effet de serre, le niveau des mers continuerait à monter durant les siècles à venir à l'échelle du globe, avec une élévation de 4 à 8 m d'ici l'an 3000, suite à la fonte des glaces et à la dilatation des masses d'eau océaniques.

Puits de carbone et comptabilisation des émissions dans le cadre du Protocole de Kyoto

Selon les règles de rapportage du Protocole de Kyoto, certaines émissions ne sont pas comptabilisées dans le cadre des engagements de réduction. Il s'agit par exemple des émissions dues au trafic aérien et maritime international, pour lequel des règles d'attribution des émissions doivent encore être élaborées, mais aussi des émissions de CO₂ liées à la combustion de biomasse, comme par exemple celles émises par une chaudière au bois, dans la mesure où cette biomasse est renouvelée et que le carbone émis est donc restocké par la suite dans les écosystèmes.

Dans le même ordre d'idées, le carbone stocké dans la végétation peut être décompté des émissions nettes. Ce sont les « puits de carbone », du moins si le pays peut prouver que ce stockage est induit par les activités humaines, comme par exemple la plantation d'une nouvelle forêt ou une gestion particulière de la forêt existante, ou certaines modifications dans les pratiques agricoles. Comme il est difficile d'effectuer cette distinction de façon scientifique, il a été décidé pour la période 2008-2012 de fixer un plafond absolu par pays, basé sur la prise en compte d'un pourcentage assez faible de leur potentiel total de stockage, ce qui représenterait in fine pour la Région wallonne 0,2 % de ses émissions. Le pays doit aussi s'engager à faire un suivi précis et à long terme des parcelles concernées afin d'assurer le caractère durable du stockage. La Commission Nationale Climat, qui associe les Régions et le fédéral pour la mise en œuvre de la politique climatique, a décidé en 2006 de ne pas recourir aux activités de gestion forestière ou agricole pour atteindre les objectifs de réduction de la Belgique durant la période 2008-2012.

On gardera à l'esprit que, compte tenu de la gestion durable de la forêt en Wallonie, le fait que la Belgique ait décidé de ne pas comptabiliser ce puits de CO₂ dans le cadre du Protocole de Kyoto ne diminue en rien le stockage effectif de carbone dans la biomasse, représentant près de 3 % des émissions annuelles de CO₂ de la Région.

Augmentation des vagues de chaleur et des inondations

Il est difficile de se prononcer sur l'évolution future des phénomènes météorologiques extrêmes (tempêtes, inondations, vagues de chaleur, sécheresses, tornades...). La rareté de ce type de phénomènes, ainsi que la difficulté d'obtenir des séries de données de qualité suffisante pour le passé, ne permet généralement pas non plus de se prononcer sur les tendances actuelles d'évolution de ces phénomènes. Considérés de façon isolée, ils peuvent difficilement être attribués de façon indéniable au changement climatique planétaire en cours.

Ainsi, il reste délicat d'interpréter la canicule de l'été 2003, prise isolément, comme un indice significatif de changement climatique. Cependant, si une vague de chaleur intense isolée n'est pas une signature irréfutable de l'évolution climatique, le retour plus régulier de vagues de chaleur de ce type le serait déjà plus. Pour l'avenir, on notera à cet égard que, selon certaines projections du GIEC, une augmentation considérable de la probabilité de vagues de chaleur intenses est prévue pour nos régions au cours du 21^e siècle. D'ici 2100, le type d'événement extrême que nous avons connu durant l'été 2003 pourrait se produire un été sur deux. Il est à noter que l'été 2006 (juin-juillet-août) est le quatrième été le plus chaud jamais enregistré en Belgique, après 2003, 1976 et 1947. Les températures des mois de juillet et septembre 2006 sont les plus chaudes jamais enregistrées par l'IRM pour ces deux mois de l'année⁽²¹⁾. L'automne 2006 est la saison la plus chaude jamais enregistrée. Avec une température moyenne de 13,9 °C, elle dépasse de 3,5 °C la normale saisonnière de 10,4 °C et bat largement le record précédent, qui datait de 2005 (12,3 °C).

De même, l'hiver 2006-2007 (décembre-février) est le plus chaud jamais enregistré. Avec une température moyenne de 6,6 °C, il dépasse de 3,5 °C la normale saisonnière de 3,1 °C. Enfin, la température moyenne du mois d'avril 2007 était de 5,3 °C supérieure à la normale.

Par ailleurs, par rapport aux années 1970 et, de manière moins marquée, par rapport aux années 1980, la fréquence des inondations a

déjà augmenté en Belgique depuis une quinzaine d'années⁽²²⁾ [voir EAU 6]. Des inondations majeures ont été enregistrées en 1995, 1998, 2002, 2003 et 2005. L'augmentation annoncée des précipitations hivernales pourrait conduire à un risque encore accru de subir de grandes crues en cette période de l'année. En été, dans le cas des pluies orageuses, l'augmentation future de la fréquence et de l'intensité des pluies intenses, simulée par certains modèles, pourrait contribuer à rehausser encore le niveau de risque. Il est aussi à noter que certaines pratiques d'aménagement du territoire et de construction contribuent largement à amplifier le problème des inondations locales (notamment via une réduction de la perméabilité des sols et la construction de bâtiments dans des zones inondables).

Mutation annoncée de l'agriculture et des écosystèmes

La hausse des températures conduira à des modifications dans la structure de l'agriculture wallonne. Tant que cette augmentation de température reste limitée, le caractère annuel de la plupart des spéculations agricoles permettrait une mutation et adaptation rapide aux changements climatiques. Dans les faits, le réchauffement risque de diminuer le rendement d'une série de cultures existantes. L'augmentation de la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère aura aussi des conséquences positives sur la quantité de biomasse produite et compenser ainsi en partie l'effet négatif de l'augmentation de la température.

En ce qui concerne les écosystèmes forestiers belges, diverses études scientifiques ont montré que l'enrichissement en CO₂ stimulera, dans un premier temps du moins, la croissance forestière. Cependant, à moyen terme, cette augmentation de croissance induite par les niveaux de CO₂ sera limitée, d'une part, par la fertilité du sol et, d'autre part, par la sécheresse relative induite par l'augmentation des températures et la modification du régime des précipitations. Par exemple, lors de l'été 2003, la majorité des forêts européennes a vu sa croissance diminuer sévèrement alors que la dégradation de la matière organique s'est accélérée. Durant quelques semaines, les forêts sont alors devenues des sources nettes de CO₂.

La diminution attendue de la fréquence des hivers froids jouera en défaveur du développement de deux de nos essences principales : l'épicéa et le hêtre. Celles-ci ont besoin d'une période de repos de la végétation accompagnée de faible température.

Bien que le lien direct avec les changements climatiques ne soit pas avéré, il faut également signaler l'invasion récente des peuplements de hêtres par des insectes xylophages (scolytes), qui a eu pour conséquence de détruire plus de 10 % du volume de bois sur pied. Le changement climatique pourrait favoriser une extension de l'aire de répartition des insectes nuisibles vers le Nord. Ces dernières années, certains épisodes climatiques exceptionnels, tels que des tempêtes ou de longues périodes de sécheresse, ont aussi lourdement affecté les massifs forestiers. Les implications de tels événements ponctuels sont d'autant plus marquées que les peuplements sont affaiblis. [voir RES FOR3]

La biodiversité des écosystèmes naturels ou semi-naturels est également vulnérable aux changements climatiques. En raison de la migration des espèces animales et végétales vers le Nord, le nombre d'espèces méridionales recensées par région est en hausse (ce qui a déjà été observé dans certains cas en Belgique), tandis que le nombre d'espèces nécessitant un climat plus froid aura tendance à diminuer. L'arrivée d'espèces adaptées à un climat plus chaud sera une source de concurrence avec les espèces locales préexistantes. [voir FFH9 et FFH12]

Le changement climatique entraîne par ailleurs des perturbations complexes de l'équilibre des écosystèmes, en raison par exemple de la rupture de certaines chaînes alimentaires à la suite d'évolutions au sein des espèces. Des efforts ont été entrepris afin d'établir une classification (encore partielle à l'heure actuelle) des espèces répertoriées en Belgique, en fonction de leurs «exigences climatiques». Une certaine protection des espèces les plus menacées est envisageable sous la forme d'une réduction des contraintes d'ordre non climatique sur les écosystèmes, par exemple via la création de réserves naturelles et des couloirs de migration. Ce processus a cependant ses limites.

Davantage de recherches et d'observations seront nécessaires pour pouvoir mieux évaluer la vulnérabilité potentiellement élevée du milieu naturel.

Effets sur la santé humaine

Il est indéniable que les canicules ont de lourdes répercussions négatives dans notre région. Par exemple, la vague de chaleur de l'été 2003 a eu des conséquences importantes en terme de santé publique. Ainsi, le nombre de décès supplémentaires en Belgique par rapport à la moyenne a été estimé à quelques 1 300 individus dans la tranche d'âge des 65 ans et plus, soit 19 % de décès en plus durant les premières semaines d'août. Une meilleure anticipation aurait pu réduire cet impact.

Étant donné que les vagues de chaleur engendrent généralement de fortes concentrations d'ozone [voir AIR 4], il faudra réaliser des études complémentaires afin d'évaluer l'importance respective de ces deux facteurs sur la santé. Néanmoins, la hausse des températures devrait également réduire la prévalence de certaines maladies hivernales (par exemple les maladies cardiovasculaires), même si aucune étude détaillée n'est disponible à ce propos pour la Belgique. [voir SANTE]

LES RÉPONSES

Réponse internationale

Engagement à court terme : Le Protocole de Kyoto

La première réaction internationale au changement climatique fut la création du GIEC par les Nations Unies en 1988, afin de disposer d'une évaluation objective du phénomène. En 1992, la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) dresse les bases de la politique internationale. Les pays industrialisés reconnaissent d'une part leur responsabilité actuelle et historique en matière d'émissions de GES, et, d'autre part, se fixent pour objectif la stabilisation des concentrations de ces gaz dans l'atmosphère. Cette convention a conduit, en 1997, au Protocole de Kyoto qui fixe un objectif chiffré de réduction des émissions

durant une période de cinq ans, de 2008 à 2012. Au cours de cette période, les émissions de GES devront diminuer en moyenne de 5,2 % par rapport aux émissions de l'année de référence, ceci pour les 33 pays industrialisés qui ont ratifié le Protocole. L'ensemble des modalités d'application du Protocole de Kyoto ont été formellement adoptées à Montréal en décembre 2005, suite à l'entrée en vigueur du Protocole en février 2005, et l'on discute actuellement des nouveaux engagements envisagés après 2012.

Dans ce contexte international, les politiques et mesures belges visant à réduire les émissions de GES sont élaborées à différents niveaux de pouvoir, en fonction de la répartition des compétences entre l'État fédéral et les Régions. Chaque niveau de pouvoir fixe ses priorités en la matière. L'effort de réduction des émissions de gaz à effet de serre de la Belgique est de -7,5 % pour la période 2008-2012 (par rapport aux émissions de l'année de référence) et a été réparti entre les trois Régions et l'Etat fédéral en 2004, prenant en compte les spécificités de développement socio-économiques des entités belges. L'objectif de la Région wallonne est identique à l'objectif belge, les Régions flamandes et bruxelloises, dont les émissions ont augmenté depuis 1990, recevront une aide de l'Etat fédéral pour atteindre leur objectif. Un nouvel organe de coordination a été mis en place en 2002 afin d'harmoniser les politiques menées par les 4 gouvernements : la Commission Nationale Climat. La préparation des politiques et mesures nationales en matière de changement climatique s'appuie sur les plans établis par les autorités fédérales et régionales, mais aussi sur les directives et règlements européens en la matière.

La nécessité d'objectifs à long terme plus ambitieux

L'objectif ultime de la CCNUCC est de «stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. Il conviendra d'atteindre ce niveau dans un délai suffisant pour que les écosystèmes puissent s'adapter naturellement aux changements climatiques, que la production alimentaire ne soit pas menacée et que le développement économique puisse se poursuivre d'une manière durable.»

Selon le Conseil de l'UE (2004), pour réaliser cet objectif ultime de la CCNUCC, l'augmentation de la température mondiale annuelle moyenne en surface ne doit pas dépasser 2 °C par rapport aux niveaux de l'époque préindustrielle. En effet, selon les travaux du GIEC (2001), une stabilisation des températures à +2 °C par rapport à la température préindustrielle permettrait probablement de maintenir les effets des changements climatiques à des niveaux supportables pour l'homme et les écosystèmes. Rappelons que la température moyenne annuelle au niveau mondial a déjà augmenté d'un tiers de cette valeur limite (0,7 °C en 2005).

En conséquence, le Conseil Environnement de l'UE (11 mars 2005) a conclu qu'«il faudrait envisager pour le groupe des pays développés des pistes de réduction de l'ordre de 15 à 30 % d'ici 2020 et de 60 à 80 % d'ici 2050, comparées aux objectifs de base envisagés dans le protocole de Kyoto».

Les réductions exigées par le protocole de Kyoto pour 2008-2012 sont donc un premier pas modeste, mais fondamental, vers des réductions bien plus importantes des émissions globales. Ces réductions ne pourront être réalisées qu'en réduisant notre consommation d'énergie et en recourant à l'ensemble des technologies actuellement disponibles, telles que l'amélioration de l'efficacité énergétique, le développement des énergies renouvelables, le piégeage et la séquestration géologique du carbone dans les situations où cette technique serait applicable sans risques inconsidérés.

Vers plus d'actions concrètes en Région wallonne

A l'échelle de la Région wallonne, diverses politiques et mesures ont d'ores et déjà été mises en œuvre afin de limiter les émissions de gaz à effet de serre, dans le cadre global de la CCNUCC et le Protocole de Kyoto.

Le 19 juillet 2001, le Gouvernement wallon a adopté le *Plan d'action de la Région wallonne en matière de changements climatiques* qui fixe les balises de la politique climatique régionale. D'autre part, le *Plan Air-Climat* wallon, dont la publication est prévue en 2007, assure l'intégration des politiques et mesures «climat»

Commerce de permis d'émission

Pour atteindre l'objectif de réduction des émissions de GES, le Protocole de Kyoto permet le recours à des mécanismes de flexibilité, qui peuvent être utilisés en supplément des mesures et politiques internes des Etats.

Comme le changement climatique est un problème mondial, indépendant du pays où ont été émis les gaz à effet de serre, le principe de ces mécanismes de flexibilité est de réaliser les efforts de réduction à un autre endroit (où les réductions sont moins chères ou plus simples à réaliser), tout en gardant le même objectif global de réduction. C'est le même principe qui sous-tend la mise en place du système Emission Trading au niveau européen.

L'expression «permis de polluer» est largement médiatisée. Or, lorsque les «permis de polluer» n'existaient pas, aucune limite d'émission de GES n'était fixée à aucun niveau. L'existence de ces permis signifie que les émissions sont maintenant comptabilisées et que la responsabilité en est attribuée à un pays ou une entreprise. Dès lors, même si le système qui se met actuellement en place est encore largement améliorable, il correspond malgré tout à une étape vers un plus grand contrôle environnemental.

Dans le cadre du Protocole de Kyoto, chaque pays industrialisé peut recourir à trois types de mécanismes de flexibilité :

Commerce d'unités : achat d'unités d'émission de GES aux autres pays industrialisés ayant signé le protocole. Un pays qui diminue ses émissions au-delà de son objectif chiffré peut vendre ses unités excédentaires sur le marché. C'est par exemple le cas de certains anciens pays de l'Est dont le secteur industriel s'est effondré après 1990. Dans le cadre du système européen d'échange de quotas d'émissions, le prix de la tonne de CO₂ se situe entre 12 et 16 euros en novembre 2006.

Mécanismes pour un Développement Propre (MDP ou Clean Development Mechanism, CDM) : la mise en œuvre d'un projet qui vise à réduire les émissions de GES par rapport à un niveau de référence, correspondant aux émissions de GES qui auraient eu lieu en l'absence du projet. Ainsi, la création d'un parc d'éoliennes, la captation des émissions de méthane d'une décharge ou la construction d'une unité de biométhanisation peuvent constituer des projets MDP. Les projets de séquestration du carbone, via le boisement de terres dégradées, peuvent également être reconnus mais font l'objet de règles spécifiques. Le projet doit être réalisé dans un pays sans engagement de réduction (pays qualifié de non industrialisé au sens du PK, mais ceci inclut par exemple l'Inde et la Chine) et doit contribuer au développement durable du pays hôte.

Mise en œuvre conjointe (MOC, ou Joint Implementation, JI) : comparable au MDP à la différence essentielle qu'il concerne un projet réalisé dans un pays ayant un engagement de réduction dans le cadre du protocole de Kyoto.

dans le cadre général des politiques régionales environnementales et non-environnementales. Quelques politiques et mesures récentes issues de ces deux plans méritent d'être soulignées.

Tout d'abord, le système européen d'échange de droits d'émission a été mis sur pied en 2004, en application de la directive 2003/87/CE. Pour la première période 2005-2007, la Région a octroyé à 128 entreprises des quotas d'émissions de GES, sur la base d'audits énergétiques effectués dans chacune d'elles. Les incitations

en vue de réduire les émissions industrielles de GES ont été renforcées par la possibilité de conclure des accords sectoriels volontaires (dits accords de branche), par lesquels, les principaux secteurs industriels s'engagent à améliorer leur efficacité énergétique. Le second plan d'allocation des quotas portera sur la période 2008-2012 et fera donc partie intégrante de la politique climatique de la Région dans le cadre du Protocole de Kyoto. Rappelons ici que l'industrie représente 45 % des émissions régionales de GES. [voir ENTR]

Deuxièmement, le Plan wallon pour la gestion durable de l'énergie (18 décembre 2003) a défini une série d'approches en vue d'intensifier la politique d'utilisation rationnelle de l'énergie (URE) et de développer des sources d'énergie renouvelables (SER). L'URE est encouragée par des subventions diverses (audits énergétiques...) ou par une déduction fiscale des investissements (isolation des maisons, remplacement des anciennes chaudières...). Ce plan a également pour but de produire 8 % d'électricité et 12 % de chaleur à partir des SER d'ici 2010. À cette fin, l'électricité «verte» est encouragée à travers l'attribution d'un quota minimum de certificats de SER à chaque fournisseur d'énergie («certificats verts»).

[voir ENER 3]

Troisièmement, des mesures structurelles ont récemment été prises dans le secteur des transports, telles que l'amélioration des transports publics ou le système multimodal de transport de marchandises. Enfin, deux instruments législatifs sont entrés en vigueur dans les secteurs de l'agriculture et de la sylviculture : certains arrêtés ont été adoptés en application du décret relatif au permis d'environnement (11 mars 1999) et l'arrêté du gouvernement wallon relatif à la gestion durable de l'azote en agriculture (10 octobre 2002). Bien que conçus pour répondre aux problèmes de l'excès de nitrates dans les eaux souterraines et de surface, ces deux mesures ont pour effet indirect une réduction des émissions de N₂O. Dans le secteur des déchets, la mise en œuvre du Plan wallon des déchets - Horizon 2010 a conduit à une diminution de la quantité totale de déchets mis en centres d'enfouissement technique (CET) et de leur contenu en matière organique. Cela a pour effet une diminution des quantités de matière organique mises en CET, dont la fermentation produit du méthane. Ce plan encourage également la récupération du biogaz des CET, laquelle a connu un développement significatif depuis 1993, avec pour résultat une diminution substantielle des émissions nettes de méthane provenant des CET. [voir DEC 3]

Selon l'évolution actuelle des émissions, la Région wallonne a actuellement accompli plus de 70 % de son engagement par des réductions internes des émissions. Le recours aux mécanismes de flexibilité est envisagé qu'en

supplément de ces réductions internes. En outre, la Région prépare la mise en œuvre d'ici 2010 de mesures internes additionnelles.

Ces mesures, centrées sur l'amélioration de l'efficacité énergétique, l'utilisation de combustibles plus propres et le recours aux meilleures techniques disponibles, sont détaillées dans les différents plans (Plan Air, Plan Energie, Plan National Climat). Elles visent, par exemple, à favoriser l'URE, à optimiser l'efficacité énergétique, à promouvoir le recours au bio-carburant ou encore à stimuler l'utilisation de modes de transport moins polluants [voir ENER, TRANS]. La Région wallonne devrait également bénéficier des effets des mesures envisagées au niveau fédéral (fermeture progressive des centrales électriques alimentées au charbon, concrétisation du RER, révision de la fiscalité automobile...) ainsi que de l'application de plusieurs directives européennes (énergies renouvelables, cogénération, limitation de l'usage des gaz fluorés...).

Vu le caractère extrêmement transversal du Plan Air-Climat dont la publication est prévue en 2007, plusieurs politiques et mesures qui s'y intègrent directement ou indirectement sont détaillées dans les chapitres sectoriels. Des indicateurs sont également en cours d'élaboration afin de pouvoir assurer une évaluation régulière et objective de la mise en œuvre du plan.

La Région wallonne doit s'adapter au changement climatique

Bien que des effets positifs des changements climatiques ne soient pas exclus (stimulation de la croissance chez les plantes, diminution du recours au chauffage en hiver...), de nombreux impacts devraient être néfastes. La stratégie d'adaptation la plus efficace concerne donc les politiques, les pratiques et les projets susceptibles de limiter les dommages et/ou de créer des opportunités associées au changement climatique.

Au niveau mondial lors de la réunion des instances de la CCNUCC à Buenos Aires en décembre 2004, les pays signataires (appelés Parties à la convention) se sont engagés à développer un programme de travail quinquennal structuré sur les aspects scientifiques, techniques et socio-économiques des impacts, de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques. Au niveau européen, jusqu'ici, les considérations liées à l'adaptation aux changements climatiques n'ont pas été intégrées à grande échelle dans les politiques environnementales (biodiversité, protection des eaux de surface...) ou autres (politique agricole commune). Néanmoins, plusieurs programmes de recherche évaluant les implications des impacts potentiels du changement climatique ont été planifiés ou sont sur le point d'être lancés, au niveau européen et belge (fédéral et régional).

A l'échelle de la Région wallonne, les informations actuellement disponibles laissent à penser que les voies d'eau et l'exploitation forestière seront partiellement vulnérables, même dans le cas d'une hausse de la température régionale moyenne inférieure à 3 °C (par rapport à l'ère préindustrielle) en été d'ici 2100. Les ressources en eau, les risques d'inondations et la santé humaine pourraient également devenir des sources de préoccupation dans le cadre de ce scénario, bien qu'une plus grande incertitude règne en la matière [voir RESEAU 1, EAU 5, SANTE]. Avec une hausse des températures supérieure ou égale à 3 °C, les écosystèmes et les forêts seront vraisemblablement sujets à de sérieuses menaces, tandis que les sécheresses et les vagues de chaleur seront une source de préoccupation majeure en matière

de santé. Les mesures d'adaptation existantes sont concentrées sur la gestion des risques de crues des voies d'eau et le secteur forestier.

A l'heure actuelle, la Région wallonne dispose d'un système intégré de gestion hydrologique WACONDAH (WATER CONTROL DATA FOR HYDROLOGY AND WATER MANAGEMENT) qui permet de connaître en temps réel l'état des eaux et de prévoir l'évolution des débits et des niveaux d'eau dans le but, notamment, de l'annonce de crues. [voir EAU 5]

Depuis une quinzaine d'années, les administrations régionales responsables de la gestion forestière ont surtout contribué à favoriser le remplacement des résineux, tels que l'épicéa et le pin sylvestre, par d'autres essences mieux adaptées aux hivers doux et pluvieux, comme le Douglas. Des incitants réglementaires et financiers sont utilisés, en particulier sous la forme de subsides accordés aux plantations qui suivent un guide des espèces adaptées au climat actuel. In fine, ce sont les peuplements forestiers les moins adaptés à leur milieu naturel qui seront les premiers touchés par les changements climatiques. Ainsi, les pratiques sylvicoles visent à favoriser les essences les mieux adaptées aux conditions locales (actuelles) du milieu, ce qui constitue une première étape dans l'adaptation aux changements futurs. La diversification des essences et la conservation d'écosystèmes peu modifiés par l'homme contribuent également à améliorer la capacité d'adaptation des forêts aux changements. Bien que la réglementation n'en tienne pas encore explicitement compte, l'évolution future du climat est de plus en plus prise en considération dans les choix de plantations. Le renforcement de mesures visant à limiter les chablis est également envisagé (éclaircies, diminution de la densité des peuplements...).

Enjeux et perspectives

«Le changement climatique est la plus grande faillite de l'économie de marché que le monde ait jamais connue. Les preuves scientifiques sont maintenant accablantes : le changement climatique constitue une menace planétaire grave et exige une réponse mondiale de toute urgence. Nos actions aujourd'hui et au cours des décennies à venir pourraient engendrer des risques de perturbations majeures pour l'activité économique et sociale, sur une échelle semblable aux perturbations associées aux grandes guerres et à la dépression économique de la première moitié du XXe siècle. Et il sera difficile, pour ne pas dire impossible, de faire machine arrière.»

La maîtrise du changement climatique est la stratégie favorable à la croissance pour le plus long terme et elle peut se faire d'une façon qui n'impose pas de limite aux aspirations à la croissance des pays riches ou pauvres. Plus tôt l'on adoptera une action efficace, moins le coût en sera élevé.»

Sir Nicholas Stern, Economiste en chef et Vice-président de la Banque Mondiale de 2000 à 2003, chef des Services économiques du Gouvernement britannique.

La réalité des changements climatiques fait partie du présent et plus seulement d'un lointain futur. Chacun peut aujourd'hui constater l'augmentation progressive des événements climatiques exceptionnels, tant par leur fréquence que leur intensité. Les sécheresses, inondations, vagues de chaleur ou orages violents vont se multiplier dans les prochaines décennies. Dans le futur, le nombre des réfugiés climatiques dépassera probablement de loin celui des réfugiés politiques. Selon certaines estimations, d'ici 2050, deux cents millions de personnes pourraient être déplacées de façon permanente en raison de la hausse du niveau de la mer, d'inondations plus fortes et de sécheresses plus intenses.

Au niveau scientifique, aucun doute ne subsiste sur l'origine des changements climatiques actuels. Il est en majorité dû aux émissions massives de gaz à effets de serre, qui proviennent essentiellement de notre consommation de combustible. La fin annoncée du pétrole ne résoudra pas le problème, sachant que les réserves actuelles de charbon sont nettement supérieures à l'ensemble du pétrole consommé durant l'ère industrielle. C'est un changement radical et rapide de nos sociétés en matière de production et de consommation d'énergie qui est nécessaire pour envisager un futur qui nous serait acceptable. Cela passe autant par la mise en place d'accords internationaux et de politiques sectorielles par les gouvernements, que par la remise en question de nos habitudes au quotidien.

En Région wallonne, les émissions ont diminué de 5,4 % durant la période 1990-2004. Dans le cadre du Protocole de Kyoto, la Région wallonne s'est engagée à une réduction des émissions de -7,5 % durant la période 2008-2012 [↗ Fig AIR 1-9]. Selon les dernières projections disponibles, elle devrait respecter cet engagement, majoritairement via des réductions internes des émissions. Les principales causes des réductions observées depuis 1990 sont : le remplacement du charbon par le gaz naturel, tant dans l'industrie que dans les centrales électriques et le secteur résidentiel; les fermetures d'entreprises dans le secteur sidérurgique; les améliorations de l'efficacité énergétique et des procédés dans l'industrie, et enfin la récupération et la valorisation du méthane dans les centres d'enfouissement techniques.

Certaines mesures récentes dans le domaine de l'énergie, telles que l'encouragement des énergies renouvelables via les certificats verts ou les incitants financiers à l'isolation des bâtiments, auront un impact significatif sur les émissions dans les prochaines années. Par contre l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre liées au transport routier est continue depuis

1990 et ne semble pas se ralentir. C'est la première cause d'augmentation des émissions en Région wallonne. Les émissions des secteurs tertiaire et résidentiel augmentent également, malgré l'existence d'un important potentiel de réduction.

Selon l'Union Européenne et de nombreux experts, une réduction des émissions mondiales de 60 à 80 % à l'horizon 2050 serait nécessaire pour maintenir les effets des changements climatiques à des niveaux supportables pour l'homme et les écosystèmes. La Région wallonne devra donc aussi envisager des mesures de réduction des émissions nettement plus ambitieuses dans les années qui viennent, pour assumer sa part de l'effort mondial à accomplir.

Sources principales

☞ GUNS, A., PERRIN, D. 2006. *Les changements climatiques*. Dossier scientifique réalisé dans le cadre de l'élaboration du Rapport analytique 2006-2007 sur l'état de l'environnement wallon. Rapport final de Convention MRW-DGRNE. Namur. 39p.

☞ VAN WESEMAEL, B. 2006. *La séquestration et les émissions de gaz à effet de serre provenant des écosystèmes en Région wallonne*. Dossier scientifique réalisé dans le cadre de l'élaboration du Rapport analytique 2006-2007 sur l'état de l'environnement wallon. Département de Géographie, Université catholique de Louvain. Louvain-la-Neuve. 18p.

Glossaire du GIEC :

<http://www.greenfacts.org/fr/dossiers/changement-climatique/toolboxes/glossary.htm>

Site de vulgarisation de J.-M. Jancovici : www.manicore.com

Rapports du GIEC (IPCC) : www.ipcc.ch

Site de la CNUCCC : www.unfccc.int

Site de scientifiques travaillant sur le climat : www.realclimate.org

Impacts des changements climatiques en Belgique :

Marbaix et van Ypersele, www.greenpeace.be

Rapport Stern : <http://www.sternreview.org.uk>

- (1) ppm=ppmv : parties par million en volume, avec 1 ppm = 1 cm³ de gaz par m³ d'air.
ppb = ppbv : parties par milliard en volume, avec 1 ppb = 1 mm³ de gaz par m³ d'air.
- (2) Exemple de rétroaction positive : les glaces de mer réfléchissent une plus forte proportion du rayonnement solaire incident que la surface de la mer (autrement dit, elles ont un *albédo* plus élevé, ce qui entraîne une perte d'énergie en surface). C'est pourquoi toute réduction des glaces de mer, induite par un réchauffement initial de cause quelconque, se traduit par une rétroaction positive (amplification du phénomène) sur le réchauffement climatique aux latitudes élevées. De nombreux processus climatiques qui entraînent des rétroactions positives ou négatives sont connus et sont plus ou moins bien modélisés, selon les cas (GIEC, 2001).
- (3) En 1998, le phénomène climatique El Niño a contribué à l'élévation de la température moyenne.
- (4) Le Hadley Center mentionne 1998 comme année la plus chaude (suivie de 2005) car il ne prend pas en compte dans ses moyennes les températures mesurées dans les zones polaires.
- (5) <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/2005/>
- (6) <http://www.ipcc.ch/pub/un/giecgt1.pdf>
- (7) <http://sfgate.com/cgi-bin/object/article?o=5&f=c/a/2004/12/17/MNGARADH401.DTL>
- (8) <http://www.greenpeace.org/belgium/fr/footer/copyright>

- (9) National Academy of Sciences Committee on the Science of Climate Change, *Climate Change Science: An Analysis of Some Key Questions* (National Academy Press, Washington, DC, 2001).
- (10) Roger A. Pielke, Jr.; and Naomi Oreskes (13 May 2005) *Science* **308** (5724), 952.
- (11) Courrier International, Hors série, oct-nov-déc 2006.
- (12) Discours prononcé à Nairobi lors de la 12e Conférence des Parties au Protocole de Kyoto le 15 novembre 2006. http://www.un.org/webcast/unfccc/2006/statements/061115annan_e.pdf
- (13) EPM est un modèle de simulation technico-économique, de type «bottom-up».
- (14) En matière d'utilisation de biomasse, notons aussi que les secteurs du papier et de la pâte à papier utilisent depuis toujours une partie du bois brut comme combustible.
- (15) La consommation primaire d'énergie représente l'utilisation directe de combustibles. La consommation d'électricité est par exemple une consommation secondaire : l'énergie est utilisée par le consommateur final, mais les émissions liées à la production d'électricité sont imputées au secteur des industries de l'énergie. Actuellement, il n'est pas possible de répartir les émissions du secteur électrique entre les consommateurs finaux.

- (16) La décarbonation consiste à «extraire» le CO₂ contenu dans le carbonate de calcium, en vue de produire de la chaux, qui est elle-même une matière première pour la production de ciment.
- (17) MRW, DGATLP, CPDT, 2005. Protocole de Kyoto : aménagement du territoire, mobilité et urbanisme.
- (18) Le transport aérien international n'est actuellement pas comptabilisé dans le cadre du Protocole de Kyoto, en raison des difficultés de méthodologie que pose l'attribution des émissions à un pays précis (détermination de la nationalité de la compagnie, des pays de décollage et d'atterrissage...)
- (19) D. Perrin (2005) «*Flux de respiration de sols forestiers : analyse et modélisation à différentes échelles spatiales et temporelles*». Thèse de doctorat, Gembloux. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques, 164 p., 35 tab., 62 fig.
- (20) Marbaix P. et van Ypersele J.-P. (Eds), Impacts des changements climatiques en Belgique, étude financée par Greenpeace, Bruxelles, 2004, 44pp., disponible sur <http://www.greenpeace.be> et <http://www.climate.be/impacts>
- (21) http://www.meteo.be/francais/index.php?menu=Menu1_3_3
- (22) <http://voies-hydrauliques.wallonie.be/xsl/hydro/sethy.html>

Remerciements

Nous remercions pour leur collaboration et/ou relecture :

Vincent BRAHY, Joël DOZZI, Albert GERMAIN, François GOOR, Vincent GUISSARD, Catherine HALLET, Thierry HOSAY, Jean-Paul LEDANT, Andrée MARIJNS, Charles PASSELECO, Robert RENZONI et Didier VERHEVE